



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**CAMADA DE INTEROPERABILIDADE PARA O WEBSISBRA BASEADA
EM WEB SERVICE**

Eveline Alves Sayão

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Maristela Terto de Holanda

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

BRASÍLIA, DF

2013



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO**

**CAMADA DE INTEROPERABILIDADE PARA O WEBSISBRA BASEADA
EM WEB SERVICE**

Eveline Alves Sayão

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maristela Terto de Holanda

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

BRASÍLIA, DF

2013

DEDICATÓRIA

Às minhas irmãs:
Érika, Maryana, Cristina e em especial
a Victória. Seu amor me fez ir além.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de continuar essa caminhada do conhecimento.

Agradeço a minha família pelo apoio nos momentos em que mais precisei.

À minha mãe pelo ouvido amigo e palavras de conforto e ao meu pai pelo apoio logístico e conversas de incentivo, todas as manhãs.

Às minhas irmãs Cristina, Maryana e Érika por serem irmãs maravilhosas e sempre acreditar em mim.

À minha amiga Caroline Chahini, cuja ajuda foi essencial para a realização dessa monografia.

Ao Observatório Sismológico da Universidade de Brasília e a Prof^a. Dr^a. Mônica Giannoccaro V. Huelsen por tornar viável a minha participação neste curso de especialização.

Ao Prof. Dr. Lucas Viera Barros por quem possuo grande admiração, pelos ensinamentos e pelas palavras de incentivo.

Agradeço aos Professores do curso de Geoprocessamento Ambiental pelas experiências compartilhadas.

À Prof^a. Dr^a. Maristela Terto de Holanda pela orientação e sugestões para a realização desta monografia.

A todos os amigos que fiz no curso principalmente Bruno Borges, Jussara Costa, Ana Paula Ribeiro, Gustavo Farhat pelos momentos de estudos e descontração durante esses meses.

E por fim agradeço a todos aqueles que contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

RESUMO

O Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (SIS/UnB) possui um SIGWeb, Websisbra, onde são divulgados os eventos detectados, estações sismográficas, magnitude, localização entre outras informações. Porém surgiu a necessidade da integração do Websisbra com outras fontes de dados. Desta forma, o presente trabalho descreve implementação da camada de interoperabilidade do Websisbra, realizado através do Geoserver, com a implementação dos *web services*: *Web Map Service* (WMS) e *Web Feature Service* (WFS). Foi realizada também, uma reestruturação no modelo do banco de dados para dar suporte às estações sismográficas.

Palavras-chave: Banco de Dados, SIG-Web, Interoperabilidade, Geoserver

ABSTRACT

The Seismological Observatory of the University of Brasília (SIS/UNB) has a GISWeb, Websisbra where the detected events are disclosed, seismographic stations, magnitude, location and other information. But emerged the need for integration of Websisbra with other data sources. This paper describes the implementation of the interoperability layer Websisbra conducted through Geoserver, with the implementation of web services: WebMap Service (WMS) and Web Feature Service (WFS). It was also performed a structural change in the model database to give support to seismographic stations.

Keywords: Model database, GIS-Web, interoperability, Geoserver

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Apresentação	8
1.2 Objetivos.....	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos Específicos	9
1.3 Justificativa.....	10
1.4 Estrutura do Trabalho	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Sistema de Informação Geográfica.....	11
2.1.1 Componentes de um SIG	12
2.2 SIGWeb	13
2.2.1 Tecnologias.....	14
2.2.2 Transferência de Dados Geoespaciais	14
2.2.3 Arquitetura de um SIG Web	15
2.3 Geoserver.....	16
2.3.1 Open Geospatial Consortium (OGC)	17
2.4 Sistema Nacional de Registros Sísmicos Brasileiros (Websisbra).....	18
2.4.1 Arquitetura do Websisbra.....	19
3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1- Restruturação do Modelo do Banco de Dados	21
3.1.1 Modelo Conceitual	21
3.1.2 Modelo Lógico	24
3.1.4 Ferramentas	25
3.2 Arquitetura do Acesso aos Dados.....	27
4 - RESULTADOS	29
Os resultados apresentaram de maneira satisfatória aos objetivos propostos. As	32
5 - CONCLUSÃO	33
6 – REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Terremoto (ou abalo sísmico) é um processo geológico de acúmulo lento e liberação rápida de tensões (TEIXEIRA et al., 2009). A identificação destes eventos sísmicos, como localização, magnitude, intensidade, hora, local entre outras informações técnicas são extremamente importante para os órgãos de defesa, meios de comunicações e pesquisadores para criarem medidas de mitigação dos efeitos nocivos à poluição, divulgação a comunidade em geral e desenvolvimento científico na área.

O Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (SIS/UnB) dedica-se a extensão e a pesquisa relacionada à sismicidade e a estrutura do interior da Terra. Sua principal atividade é o monitoramento sismográfico da sismicidade brasileira, natural e induzida por reservatórios. O monitoramento sismográfico realizado pelo SIS/UnB resulta em registros sísmicos que fazem parte do catálogo SISBRA. O catálogo SISBRA, inicialmente divulgado no livro intitulado “A Sismicidade Brasileira” (BERROCAL et al., 1984) que tinha como finalidade principal apresentar uma compilação da atividade sísmica ocorrida no Brasil até 1981. O catálogo foi atualizado com os boletins sísmicos brasileiros, publicados pela Revista Brasileira de Geofísica até 1995, e desde então não foi mais publicado. Além do Observatório a Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN e a Universidade de São Paulo-USP vêm atualizando o catálogo com dados resultantes das atividades de monitoramento sismográfico feito no Brasil.

Com o monitoramento da sismicidade brasileira o SIS/UnB gera grande volume de dados e tem a necessidade de organizar essas informações criando uma base de dados consolidada sobre a sismicidade no Brasil, fornecendo assim mecanismos de estudo e análise de uma determinada região, estado ou município. Dessa forma, iniciou-se o estudo de implementação de um banco de dados para atender esta demanda, verificando sua particularidade e integrando no padrão internacional de dados sismológicos.

Fernandes e Freitas (2011), com o objetivo de organização dos dados, modelaram e implementaram o banco de dados do Observatório.

Para facilitar e expandir o acesso aos resultados da análise dos dados do SIS/UnB foi desenvolvido por Saatkamp (2012), um sistema de informação geográfico na web (SIGWeb), fazendo uso de tecnologias modernas de desenvolvimento web como: HTML5, CSS3, Javascript, jQuery e PHP5. Cada aspecto do sistema foi criado para permitir uma interação diferenciada para cada dispositivo que acesse o sistema, tais como *smartphones*, *tablets* e *desktops*. Assim, tem-se um sistema no qual o usuário pode ter acesso aos dados desejados de forma simples e fácil, independente do dispositivo que o acesse. O Websisbra está em uso desde final de 2012.

O SIS-UnB conta com parcerias no desenvolvimento do conhecimento científico. Entre eles o projeto Neotectônica da Universidade Federal do Paraná (UFPR) que tem como objetivo estudar os processos neotectônicos, tectônicos recentes e suas decorrentes estruturas geológicas. Esse projeto, assim como outros desenvolvidos pela comunidade acadêmica, tem buscado desenvolver a interoperabilidade entre fontes de dados.

A necessidade de acompanhar o crescente avanço das plataformas, que permite a integração entre os dados, ou seja, que estabelece a interoperabilidade entre as fontes, impulsionou o desenvolvimento da implementação dos *web services* através do Geoserver para o Websisbra.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem como objetivo implementar serviços geográficos ao Websisbra utilizando o Geoserver como ferramenta. Com o propósito de tornar o SIGWeb do Observatório Sismológico de Brasília integrado a outras fontes de dados, permitir interoperabilidade entre as plataformas e possibilitar também à manipulação de grande quantidade de dados.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram desenvolvidos.

1. Implantar os serviços WFS e WMS no Geoserver;
2. Reestruturar o atual modelo de dados para dar suporte às estações sismográficas.

1.3 Justificativa

O Observatório Sismológico da Universidade de Brasília dispõe do SIGWeb (Websisbra) que apresenta de forma interativa e organizada o resultado da análise dos dados sísmicos (eventos), além de possibilitar a visualização dos mesmos e seus atributos em mapas e gráficos tornando a análise mais ampla. Entretanto, a necessidade de integração da base de dados do SIS com outras fontes de dados, como sugerido pelo projeto Neotectônica, da Universidade Federal do Paraná, impulsionou a implementação dos *web services* WMF e WFS, através do Geoserver.

Geoserver é um *software* de código aberto, escrito em Java que permite compartilhar e editar dados geoespaciais, fazendo a interoperabilidade entre diversos repositórios de dados geográficos com simplicidade e alta performance. A interoperabilidade possibilita o compartilhamento de dados entre sistemas, independente do local físico de armazenamento e da tecnologia utilizada em cada servidor de dados. O Geoserver permite a manipulação de grandes quantidades de dados e implementa os padrões de referência do *Open Geospatial Consortium* (OGC). Para este trabalho será implementado os serviços, padrão, *Web Feature Service* (WFS) e *Web Map Service* (WMS) que simplificam a interação entre diferentes fontes de dados atendendo os objetivos propostos (GEOSERVER,2013).

Com o intuito de complementar as aplicações do Websisbra e dar suporte as estações sismográficas do Observatório, será realizada a reestruturação do banco de dados.

1.4 Estrutura do Trabalho

Esse trabalho está dividido nos seguintes capítulos:

- _ Capítulo 2: Onde é apresentado a revisão bibliográfica com os seguintes tópicos SIG, SIGWeb, Geoserver, Websisbra.
- _ Capítulo 3: Apresenta a metodologia usada para atender os objetivos do projeto. Reestruturação dos modelos Conceitual e Relacional dos dados e a implementação dos *web services* WFS e WMS.
- _ Capítulo 4: Neste capítulo estão dispostos os resultados. São apresentadas as imagens das camadas WMF e WFS do geoserver e aplicações externas realizadas.
- _ Capítulo 5: São apresentadas as conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho e as sugestões para trabalhos futuros correlacionados ao tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de Informação Geográfica

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos (CAMARA, 2005).

O SIG é uma classe especial de sistema da informação que controlam não apenas eventos, atividades e coisas, mas também onde esses eventos, atividades e coisas acontecem ou existem (LONGLEY, 2011)..

Localização é muito importante para a sociedade, e é o que a torna uma questão a ser resolvida, como por exemplo, quando órgãos ambientais resolvem problemas geográficos quando destinam fundos para a construção de proteção marítima. São inúmeros exemplos aos quais usamos e precisamos saber a localização.

Para sismologia não é diferente. É imprescindível que seja identificado a localização dos eventos tectônicos. A localização dos eventos é utilizada para desenvolvimento científico, estudo da crosta terrestre, estudo de impacto ambiental, risco sísmico, entre outras áreas da sismologia. O uso da localização geográfica dos eventos atrelada a estudos da área possibilita a construção de hipóteses e teorias acerca dos eventos tectônicos. Utilizando SIG como suporte para análise espacial dos fenômenos, fazendo uso do conhecimento geral e específico da realidade geográfica.

No estudo de sistemas ambientais, a interação entre processos deve ser considerada. Os SIGs oferecem mecanismos para manipular simultaneamente vários dados. Estes mecanismos vão desde a consulta, a recuperação e a visualização, até a combinação das variáveis para análise. O processo de análise dos dados é, geralmente, aquele no qual as relações e significados que estão implícitos em um conjunto de dados são extraídos e mostrados de forma explícita (BONHAM-CARTER, 1996).

Pode-se compreender que os principais objetivos de um SIG são inserir e integrar, em uma base de dados, informações descritivas, estatísticas e espaciais. E oferecer mecanismos para combinar as várias informações através do geoprocessamento em uma base de dados geográfica (CÂMARA et al, 2007).

2.1.1 Componentes de um SIG

Segundo Câmara Neto (1995), os componentes básicos de um SIG são: Interface com usuário, Entrada e Integração de Dados, Consulta e Manipulação, Saída de Dados e Sistema de Gerência de Banco de Dados. Cada sistema de informações geográficas, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos estão presentes em um SIG como se mostra na Figura 2.1.

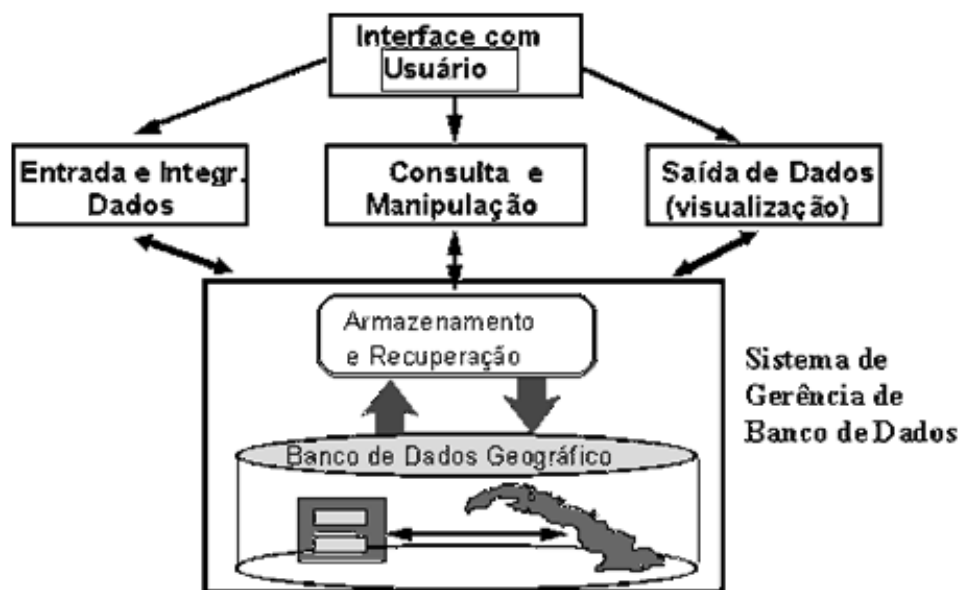


Figura 2.1- Componentes de um Sistema de Informação Geográfica. FONTE: adaptada de Câmara (1995).

De acordo com a Figura 2.1, os componentes de um SIG estão divididos em três níveis (QUEIROZ e FERREIRA, 2006):

- No nível mais alto, tem-se a interface homem-máquina, que define como o sistema é controlado e operado. Essa interface pode ser adaptada ao desktop, em um ambiente de navegação da internet ou até mesmo em um ambiente móvel;
- No nível intermediário, tem-se a parte do SIG responsável pelo geoprocessamento, ou seja, o processamento de dados espaciais. Esse nível é composto por três módulos: a entrada de dados, que é responsável pelo mecanismo de conversão de dados; a consulta e análise espacial, que é responsável pelas operações topológicas, como álgebra de mapas, estatística espacial, modelagem numérica de terreno e processamento de imagens, e a visualização e plotagem, que é responsável por

oferecer suporte adequado a interpretação do usuário nos aspectos relevantes dos dados pesquisados;

- No nível mais baixo, tem-se o sistema de gerência de banco de dados geográficos (SGBDG) que é responsável pelo armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus respectivos atributos.

Além desses componentes, vale ressaltar que o SIG possui um banco de dados geográfico associado que armazena todos os dados geográficos necessários para o seu funcionamento. Em cada SIG, em função de seus objetivos e necessidades, a implementação desses componentes é realizada de forma diferente.

2.2 SIGWeb

Um SIG para ambiente *web* é caracterizado por Ribeiro e Câmara (2003) como um banco de dados geográfico compartilhado por um conjunto de instituições, acessível remotamente, por meio da internet, capaz de armazenar, além dos dados geoespaciais, as descrições acerca dos dados (metadados) e documentos multimídia associados (texto, fotos, áudio e vídeo).

Os programas de SIG atuais ainda incorporam os mesmos princípios de uma interface baseada em menus, fácil de usar, e recursos de personalização, mas podem agora ser utilizados em um computador de mesa, em dispositivos portáteis ou distribuídos na Web (LONGLEY, 2011). O alto custo do sistema SIG e os enorme esforços de desenvolvedores de software para a atualização do sistema, impulsionou a introdução do SIGWeb.

O SIGWeb é baseado em uma arquitetura de bancos de dados geográficos distribuídos, destinado à disseminação de dados geoespaciais matriciais e vetoriais e seus respectivos metadados. Dentre as suas principais funcionalidades, destacam-se o suporte a diferentes formatos de dados, consulta a metadados, consulta a dados vetoriais, navegação visual 2D, *download* de dados matriciais e vetoriais, e compatibilidade com os padrões de *web services* do *Open Geospatial Consortium* (OGC), também conhecido como Consórcio Open GIS (CIGEX, 2013).

2.2.1 Tecnologias

O aprimoramento das tecnologias web e expansão da Internet forneceram dois recursos importantes que puderam ajudar no desenvolvimento de um SIG Web. A interação visual com os dados e o amplo acesso a eles (SAATKAMP,2013).

A web possibilita a interação visual com dados. Através de um servidor web, os clientes podem se conectar a base de dados. Assim, uma vez que os mapas e informações são publicados na Internet, outros clientes podem visualizar essas informações, prover novas informações e ajudar a acelerar o processo de desenvolvimento.

A combinação de fácil acesso aos dados e apresentação visual puderam solucionar algumas das principais dificuldades na elaboração e desenvolvimento de projetos geoespaciais (GILLAVRY, 2000).

2.2.2 Transferência de Dados Geoespaciais

A transferência de dados para o cliente, na internet, é feita nos formatos matricial ou vetorial. As informações são convertidas em mapas em um dos formatos.

No formato matricial, os dados do servidor precisam ser convertidos primeiro em imagem (PNG, JPEG ou GIF) e então enviado ao usuário para ser renderizado pelo navegador web. O volume de dados transferidos vai depender da quantidade de informações e detalhes presentes no mapa do banco de dados. Contudo, uma única imagem será enviada ao usuário a cada requisição feita, garantindo um uso eficiente dos recursos. Por ser tratar de uma imagem simples o dado matricial possui a desvantagem de não permitir interação com o usuário. Problema de fonte e falta de destaque aos objetos individuais também são desvantagens neste formato (CÂMARA et al, 2007).

O modelo de dados vetorial é utilizado em SIG devido à natureza precisa do seu método de representação, sua eficiência de armazenamento, a qualidade de sua produção cartográfica e a vasta disponibilidade de ferramentas funcionais para operações como projeção de mapas, processamento de sobreposições e análise de cartografia. (LONGLEY et al., 2013).

A quantidade de dados vetoriais enviados através de Web pode ser de três a quatro vezes menos do que a quantidade de dados necessários para a resolução de projeção matricial

equivalente. Resultando em um tempo de resposta mais rápida e uma maior produtividade (NAYAK, 2000).

A escolha de transferência de dados de formulário (vetorial ou matricial) varia de acordo com as aplicações e infraestruturas existentes.

Os produtos de software, que oferecem a transferência opcional do vetor ou dados matriciais, podem proporcionar vantagens. Podem permitir uma pré-seleção com dados matriciais e posteriormente, o carregamento dos dados vetoriais em processo local (CÂMARA, 2007).

2.2.3 Arquitetura de um SIG Web

A forma mais simples de SIGWeb deve ter pelo menos um servidor e um cliente, onde o servidor é um servidor de aplicações Web e o cliente é um navegador Web ou uma aplicação desktop ou uma aplicação de celular. O SIG baseado em servidores constitui a arquitetura padrão usada nas implementações de SIG na Web (LONGLEY et al., 2013).

A arquitetura, mais comumente usada, de um SIG Web, é baseada em três camadas: Camada de Interface (Cliente), Camada de Servidor de Aplicação e a Camada de Banco de Dados (Figura 2.2).

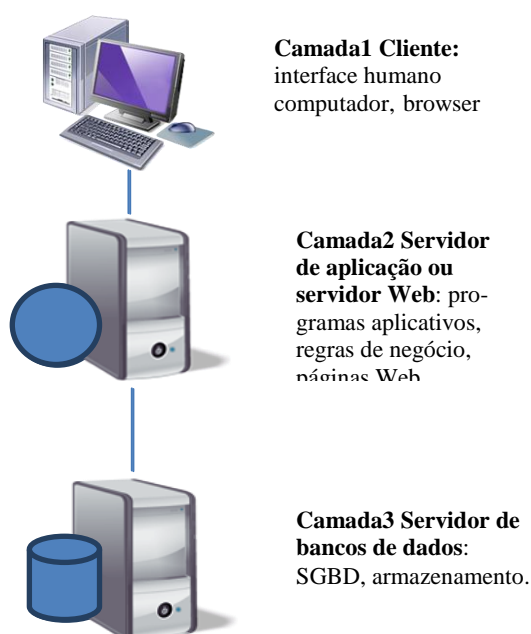


Figura 2.2 - Arquitetura de três camadas: Fonte: adaptado de (Elmasri e Navathe, 2004).

A Camada de Interface ou servidor web refere-se ao navegador de Internet na máquina do usuário e fornece o acesso organizado as ferramentas, permitindo aos utilizadores finais interagir com os serviços oferecidos pelo SIG Web. Portanto, tem como funções o gerenciamento da interface com o usuário, de dicionário de dados, de interfaceamento com linguagens de programação, entre outras, em um nível mais alto (SAYÃO et al, 2005).

A Camada de Servidor de Aplicação, é uma camada intermediária, é responsável por manter a regras de negócios, restrições e outros elementos necessários pela aplicação. Comunica-se com múltiplas fontes de dados e interage com os usuários finais para analisar e manipular dados provenientes de serviços de provedor de dados (LONGLEY et al., 2013).

Na Camada de Banco de Dados os dados são armazenados em forma de arquivos, bancos de dados ou serviços de Web e são organizados por programas de gerenciamento de dados. Possuem um conjunto de serviços provedor de dados remotos que são utilizados pelo SIG Web. Cada banco de dados prestador de serviço oferece um conjunto de interfaces através das quais aplicações clientes podem utilizar e manipular os dados remotamente, gerenciar as funções de armazenamento em disco, controle de concorrência, backup e recuperação de dados, e outras funções de mais baixo nível. Essa camada também se utiliza de banco de dados geográficos que é uma coleção de dados relacionados entre si que tem atributos convencionais e atributos geográficos (SAATKAMP, 2013).

Desta forma, as três camadas são compostas basicamente de (cliente), regras de negócio (aplicação) e acesso aos dados (servidor).

2.3 Geoserver

Geoserver é um servidor de software baseado em Java que permite aos usuários visualizar e editar dados geoespaciais, utilizando padrões abertos definidos pelo OGC. Integra diversos repositórios de dados geográficos com simplicidade e alta performance, permitindo uma grande flexibilidade na criação de mapas e compartilhamento de dados (GEOSERVER, 2013)

O Geoserver é um servidor de *Web Map Service* (WMS), *Web Coverage Service* (WCS) e de *Web Feature Service-Transaction* (WFS-T) completamente funcional.

Permite o compartilhamento real, podendo outros incorporar dados em seus sites e aplicativos, liberando os seus dados e permitindo maior transparência.

Geoserver possui uma grande vantagem comparado com produtos SIG tradicionais, ele é software livre. E tem como objetivo principal permitir qualquer um de compartilhar rapidamente suas informações geoespaciais de uma maneira interoperável.

2.3.1 Open Geospatial Consortium (OGC)

O *Open Geospatial Consortium* (OGC) é um consórcio internacional, formado por 473 empresas, agências governamentais e universidades que participam de um processo de consenso para desenvolver padrões de interface disponíveis publicamente. A OGC tem por objetivo apoiar soluções interoperáveis entre sistemas envolvendo informação geo-espacial e serviços de localização convencional, baseada em Tecnologia da Informação. A proposta da OGC é capacitar desenvolvedores de tecnologia para tornar a informação e os serviços espaciais, acessíveis e úteis para todos os tipos de aplicações (OGC, 2013).

Os padrões, atualmente, aprovados pela OGC estão agrupados em conjuntos temáticos de serviços de catálogo, serviços de processamento, codificação, serviços de dados, serviços de retrato (imagem) e outros padrões comuns. Em seguida, são descritos os mais importantes:

_ *Geographic Markup Language (GML)*: é uma linguagem específica para padronização do intercâmbio de dados entre sistemas que possuem informação geo-espaciais. Realizando o transporte e armazenamento de informação geográfica, incluindo propriedades espaciais e não espaciais das feições geográficas. Possui uma codificação padrão baseada em *Extensible Markup Language (XML)* para informações geográficas desenvolvidas pelo consórcio OGC. A GML foi especificada para o transporte e armazenamento de informação geográfica, incluindo propriedades espaciais e não espaciais das feições geográficas. O objetivo da GML é oferecer um conjunto de regras com as quais um usuário pode definir seu esquema para descrever seus dados. A partir da versão 3.0 foram incluídos esquemas que contêm os modelos de geometria, feições e superfícies.

_ *Keyhole Markup Language (KML)*: uma notação XML para exibir dados geográficos em um navegador da Terra, como Google Earth, Google Maps. O KML utiliza uma estrutura de marcadores com elementos e atributos aninhados e se baseia no padrão XML. KML foi desenvolvido para uso com o Google Earth, sendo originalmente chamado *Keyhole Earth Viewer*. Sendo um padrão internacional da OGC, o arquivo KML especifica um conjunto de

características (marca local, imagens, polígonos, modelos 3D, descrições textuais, entre outros) para exibição no Google Earth, Maps e Mobile. KML compartilha algumas das mesmas gramáticas estruturais como GML.

_ *Web Map Service (WMS)*: é um padrão que fornece uma interface HTTP simples para solicitar imagens de mapas georreferenciadas de um ou mais bancos de dados geoespaciais distribuídos. A solicitação WMS define as camadas geográficas e área de interesse a ser processado. A resposta ao pedido é uma ou mais imagens georreferenciadas do mapa (retornado como JPEG, PNG) que podem ser exibidos em um navegador. A interface também suporta a capacidade para especificar se as imagens retornadas devem ser transparentes ou não para que as camadas de vários servidores possam ser combinadas.

_ *Web Feature Services (WFS)*: é um serviço de recuperação de objetos espaciais em formato GML de servidores WFS. Possui duas versões, a básica e a transacional. A versão básica permite apenas operações de consulta. A transacional é possível realizar consulta, inserção, exclusão dos objetos espaciais do servidor WFS. Para realizar essas operações, utiliza-se GML linguagem derivada do XML, que é o padrão pelo qual são transmitidas as ordens WFS, no entanto, qualquer outro formato vetorial pode ser utilizado.

_ *Web Coverage Service (WCS)*: é um serviço complementar do WFS e tratam-se especificamente de dados modelados como geo-campos. Este serviço permite o acesso interoperável para dados geoespaciais. Porém o WCS retorna como resposta das requisições dados sobre a semântica dos fenômenos representados pelos geo-campos e não as imagens dos geo-campos.

2.4 Sistema Nacional de Registros Sísmicos Brasileiros (Websisbra)

O Sistema Nacional de Registros Sísmicos (Websisbra) foi criado a partir um projeto desenvolvido em conjunto com Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília e o SIS-UnB, que teve como objetivo ser um sistema capaz de otimizar os recursos, a pesquisa e trabalhos desenvolvidos pelo Observatório Sismológico por meio de acesso a um banco de dados geográficos, além de providenciar uma interface simples e amigável (SAATKAMP, 2013).

O desenvolvimento de um SIG Web para o SIS/UnB já vinha sendo feito em conjunto com o Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, em projetos como o GISASP (*Geographic Information System for Analysis of Seismic Phenomena*). O

GISASP tinha como base o I3Geo, um aplicativo desenvolvido para o acesso e análise de dados geográficos. Desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente em 2004, o I3Geo constitui-se de um conjunto de ferramentas de navegação, geração de análises, compartilhamento e visualização de mapas sob demanda, sendo o seu uso principal na construção de mapas interativos na Internet.

Segundo Saatkamp (2013) o desenvolvimento do SIGWeb teria como base o GISASP, a fim de continuar o projeto e implementar todas as funcionalidades ainda necessárias a um SIG, pois ele contava somente com a representação dos eventos sísmicos no mapa sem possibilidade de pesquisa e apresentação de resultados. Porém o GISASP apresentou algumas dificuldades que foram encontradas no processo de desenvolvimento, tais como:

- Problemas na documentação do I3Geo;
- Tempo de resposta da aplicação longo;
- Sem suporte a múltiplas plataformas;
- Dificuldade em interpretar o código fonte da aplicação.

Tais fatores tiveram um grande impacto na decisão de se adotar outra ferramenta para o desenvolvimento de uma nova aplicação SIG Web. Dessa forma foi desenvolvido um novo sistema contemplando os seguintes requisitos:

- Ser opensource;
- Integração com o PostgreSQL+PostGIS;
- Ter suporte a dispositivos móveis;
- Possuir uma boa documentação;
- Fazer uso de tecnologias recentes para o desenvolvimento de aplicações web, como JSON, AJAX, HTML5 e CSS3.

2.4.1 Arquitetura do Websisbra

A arquitetura abstrata proposta para o SIGWeb do SIS/UnB (Websisbra) é ilustrada na Figura 2.3, sendo composta por três grandes módulos: Camada de Interface, Camada de Aplicação e Camada de Persistência (SAATKAMP, 2013).

Em seguida, são descritos as camadas e as funções correspondentes:



Figura 2.3 - Arquitetura Abstrata do Websisbra (Fonte Saatkamp, 2013).

A Camada de Interface: responsável pela interação do sistema com o usuário através de Formulários e Mapa é composta pelos módulos: consulta, onde o usuário pode pesquisar por cidade, magnitude e intervalo de datas; baixar os dados, onde um arquivo miniSEED é inserido no banco de dados; Amostra de sinais, uma imagem poderá ser visualizada referente ao evento sísmico.

A Camada de Aplicação: responsável pelo mecanismo de geração dos mapas. Composta por PostGIS RESTful Web Service que é um framework em PHP criado para prover uma série de serviços web em análise espacial dos dados em Bancos PostgreSQL+PostGIS. A saída é especificada pelo usuário como parte da chamada REST e pode ser XML, JSON, ou JSONP; GeoJSON é um formato aberto para codificar uma variedade de estruturas de dados geográficos. Baseado em JSON (javascript Object Notation). O GeoJSON permite que os dados geográficos sejam armazenados de forma legível que é geralmente mais compacto que o XML. Os tipos de dados espaciais suportados pelo GeoJSON incluem pontos, polígonos, multipolígonos, características, coleções de geometrias e caixas delimitadoras, que são armazenados junto com as informações e os atributos. O Leaflet é uma biblioteca opensource em javascript para criação de mapas interativos aproveitando as novas tecnologias em navegadores modernos. O Leaflet faz uso do GeoJSON.

A Camada de Persistência: É a camada responsável pelos dados e é onde eles são tratados e armazenados em um banco de dados. Possui SGBD PostgreSQL com extensão espacial PostGIS.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1- Restruturação do Modelo do Banco de Dados

Para cumprir o objetivo de reestruturar o atual modelo de banco de dados do Websisbra foram utilizados os seguintes instrumentos, conforme sintetizado na Figura 3.1.

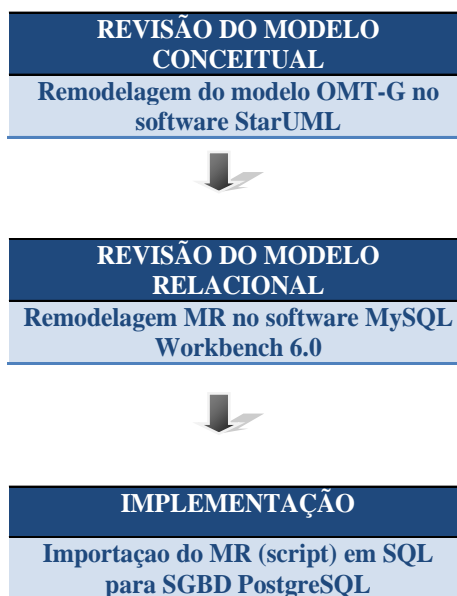


Figura 3.1 - Metodologia utilizada para alterar o modelo de banco de dados do Websisbra.

3.1.1 Modelo Conceitual

De acordo com Heuser (2009), um modelo de dados é uma descrição dos tipos de informações que estão armazenadas em um banco de dados, sendo que o modelo conceitual pode ser interpretado como o modelo abstrato que define as entidades da organização, a qual tem informações armazenadas.

A reestruturação do modelo do banco de dados foi baseada, primeiramente, no modelo conceitual desenvolvido por Helmuth, 2013. Foi utilizado o modelo de dados OMT-G, desenvolvido no software StarUML.

O modelo escolhido segue a especificação da INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) que é o conjunto integrado de tecnologias, políticas, mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados

geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal no Brasil (Comitê de Planejamento da INDE, 2010).

Com o objetivo principal de dar suporte as estações sismográficas foram adicionadas mais quatro entidades ao modelo original, ficando composta por um total de 15 entidades: *coordenador*, *rede*, *estação*, *UF*, *fonte*, *intensidade*, *município*, *dado_bruto*, *dado_analisado*, *evento*, *tipo_de_evento*, *sismômetro*, *equipamentos*, *equipamentos_estação*, *digitalizador*. Foram feitas modificações nos atributos das entidades: *estação*, *coordenador*, *município*. Além de serem criadas as entidades: *sismômetro*, *equipamentos*, *equipamentos_estação* e *digitalizador* (Figura 3.2).

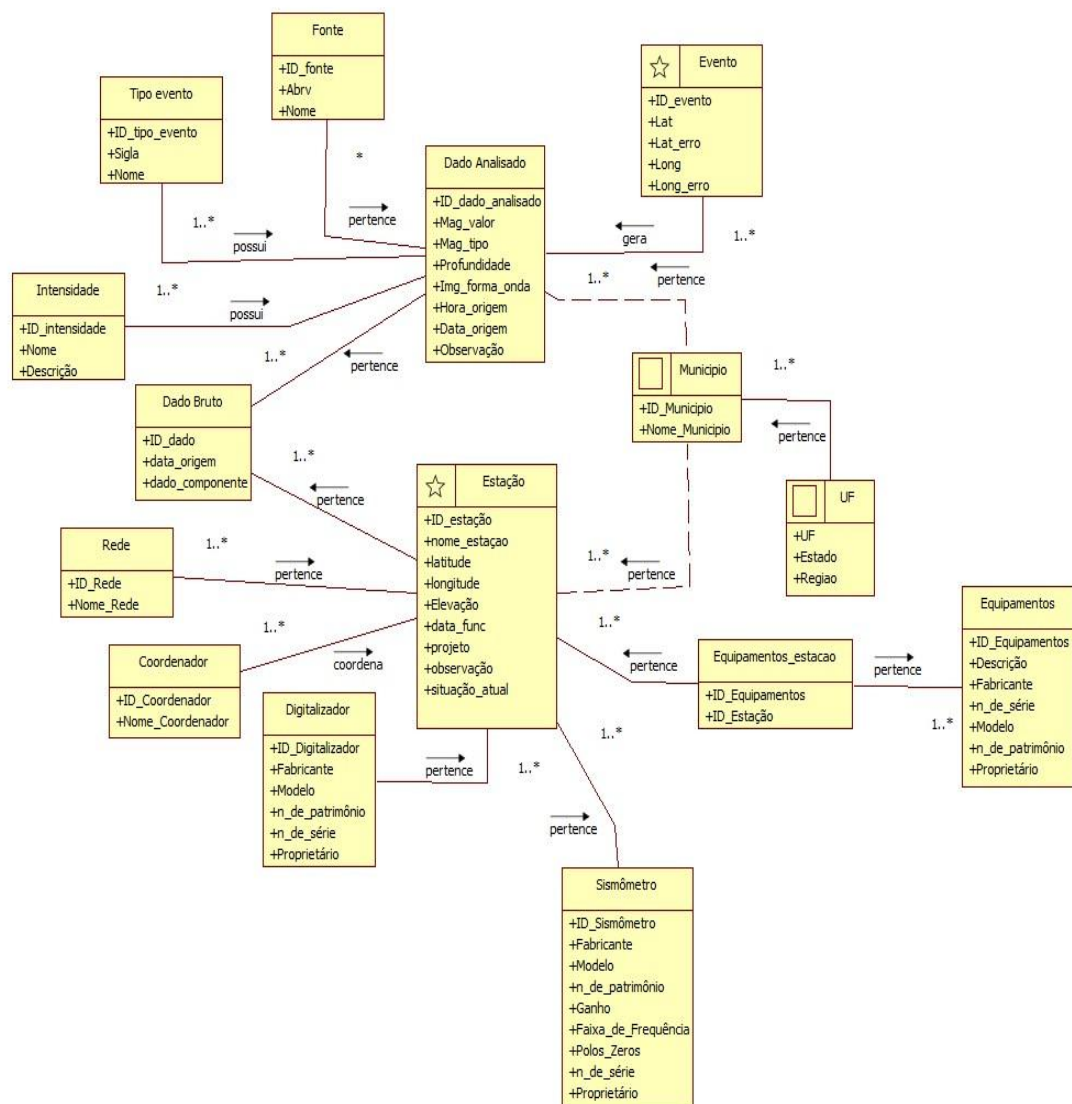


Figura 3.2: Modelo OMT-G, reestruturado, Websisbra.

Na Tabela 3.1 é dada uma explicação para cada relacionamento do modelo OMT-G. São descritos cada relacionamento correspondentes ao modelo, seguidos da descrição das entidades.

Tabela 3.1 - Explicação do modelo OMT-G do Websisbra

Relacionamento	Descrição
Coordenador e Estação	O coordenador coordena uma ou mais estações
Rede e Estação	Conjunto de estações interligadas entre si forma uma rede
Estação e Município	A estação esta localizada em um município
Município e UF	Cada município está ligado a uma UF
Dado Bruto e Estação	Cada estação produz dados brutos
Dado Bruto e Dado Analisado	Os dados analisados são obtidos através da análise dos dados brutos
Intensidade e Dado Analisado	Cada evento registrado possui uma intensidade única
Fonte e Dado Analisado	O dado pode ser analisado por diferentes instituições
Tipo evento e Dado Analisado	Cada evento possui uma classificação
Município e Dado Analisado	Cada evento é registrado tem uma única localização
Evento e Dado Analisado	A partir do dado analisado é identificado um evento
Estação e Sismômetro	Toda estação remota possui um sismômetro
Estação e Digitalizador	Toda estação remota possui um digitalizador
Estação e Equipamentos	Toda estação central possui equipamentos

3.1.2 Modelo Lógico

O modelo lógico procura detalhar a forma como as entidades, atributos e relacionamentos serão representados no banco de dados. Um modelo lógico é uma descrição de um banco de dados no nível de abstração visto pelo usuário do SGBD. O software utilizado para criação do modelo lógico foi o MySQLWorkbench 6.0 da Oracle(Figura 3.3).

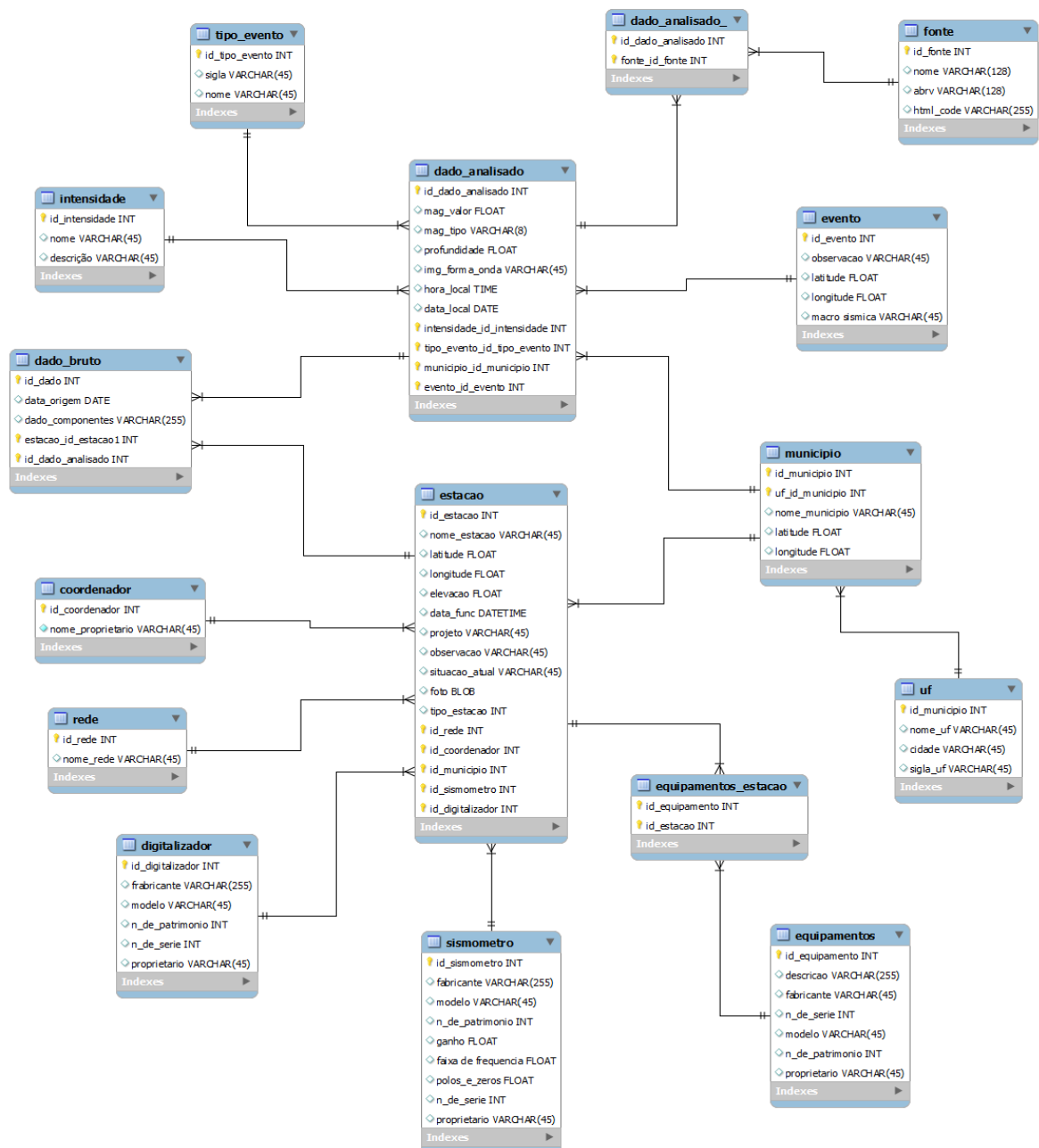


Figura 3.3 - Modelo Relacional, reestruturado, do Websisbra.

O modelo de dados adotado é o relacional (MR) que representa os dados em um banco de dados como uma coleção de relações (tabelas).

É nesta fase que ocorre a identificação dos atributos-chave, imposição de integridade relacional, criação de índices únicos e índices normais, tipos de dados dos atributos, bem como o tamanho dos campos ao qual a informação será armazenada.

O Modelo Relacional, remodelado, apresenta 16 tabelas: *coordenador*, *rede*, *estação*, *UF*, *fonte*, *intensidade*, *município*, *dado_bruto*, *dado_analisado*, *evento*, *tipo_de_evento*, *sismometro*, *equipaments*, *equipamentos_estação*, *digitalizador*, *dado_analisado_fonte* e seus respectivos atributos. Também foram realizadas modificações dos atributos das entidades: *estação*, *coordenador*, *município*. Além de ter sido criada as entidades: *sismometro*, *equipamentos*, *equipamentos_estação* e *digitalizador*.

Após a modelagem dos dados foi gerado, pela ferramenta de exportação do MySQLWorkbench, um script SQL usado para atualizar o Banco de Dados Postgree/PosGIS.

3.1.4 Ferramentas

Para a implementação da reestruturação do banco de dados geográfico foram utilizados os *softwares*: StarUML , MySQLWorkBench, PostgreSQL e PostGIS.

3.1.4.1 StarUML

O *software* StarUML foi utilizado na elaboração do modelo conceitual, com a modelagem OMT-G. Esse *software* de modelagem de diagramas baseada na UML é gratuito, possuindo interface intuitiva e leve, traz funcionalidades como geração de código e engenharia reversa, ou seja, a partir de um produto final obter parte de seu processo de desenvolvimento. O software suporta o padrão UML 2.0 e MDA (Modelo de Arquitetura Impulsionada). Provê “*add-in*” à arquitetura COM, APIs externas, modelos personalizados, modelos e perfis UML, e adição de scripts para extensibilidade total. StarUML gerencia todos os arquivos no formato open XML, importa arquivos Rational Rose e exporta XML (STARUML, 2013).

3.1.4.2 MySQLWorkBench

O MySQL Workbench foi utilizado na elaboração do modelo relacional. Esse *software* é de código aberto e gratuito para arquitetos de banco de dados, desenvolvedores e

Administradores de Banco de Dados (DBAs). MySQL Workbench fornece modelagem de dados, desenvolvimento de SQL e ferramentas de administração abrangentes para configuração do servidor, administração de usuários, e backup. Além de ferramentas visuais para criar, executar e otimizar consultas SQL.

MySQL Workbench permite a migração do modelo desenvolvido para o PostgreSQL, além de outros softwares. Isso explica a escolha desse software na modelagem do modelo Relacional do Websisbra (MYSQL WORKBENCH, 2013).

3.1.4.3 PostgreSQL

O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional de código aberto. Possui suporte completo a chaves estrangeiras, junções (JOINS), visões, gatilhos e procedimentos armazenados (em múltiplas linguagens). Inclui a maior parte dos tipos de dados do ISO SQL:1999, incluindo *Inter*, *Numeric*, *Boolean*, *Char*, *Vachar*, *Date*, *Interval*, e *Timestamp*. Suporta também o armazenamento de objetos binários, incluindo figuras, sons ou vídeos. Possui interfaces nativas de programação para C/C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC, entre outros.

O PostgreSQL foi desenvolvido a partir do projeto Postgres, iniciado em 1986, na Universidade da Califórnia em Berkeley, sob a liderança do professor Michael Stonebraker. Em 1995, quando o suporte a SQL foi incorporado, o código fonte foi disponibilizado na Web. Desde então, desenvolvedores vem mantendo e aperfeiçoando o código fonte sob o nome de PostgreSQL (POSTGRES, 2013).

3.4.4 PostGIS

O PostGIS é extensão espacial do SGBD-OR PostgreSQL. Desenvolvido pela uma empresa canadense Refrations Research e distribuído sob a Licença Pública Geral, ou seja, é um software de código aberto.

A extensão espacial PostGIS é um módulo que adiciona entidades geográficas ao PostgreSQL. O módulo adiciona a capacidade de armazenamento, recuperação e análise segundo especificações OpenGIS, SFS (*Simple Features Specification*) do consórcio internacional *Open Geospatial* (OGC) (POSTGIS, 2013).

PostGIS adiciona suporte para objetos geográficos, permitindo consultas de localização para ser executado em SQL.

A extensão conta com operadores espaciais disponíveis, entre alguns deles podemos citar: Operadores topológicos, Operador de construção de mapas de distância, Operador para construção do Fecho Convexo, Operadores de conjunto, operadores métricos, centroide de geometrias e validação. O suporte aos operadores espaciais é fornecido através da integração do PostGIS com a biblioteca GEOS (*Geometry Engine Open Source*) (QUEIROZ, et al., 2006).

3.2 Arquitetura do Acesso aos Dados

O acesso aos dados esta estruturado em quatro componentes: Websisbra, Aplicação Externa, Geoserver, Banco de dados (Figura 3.4). Em seguida, são descritos os componentes e as funções correspondentes:

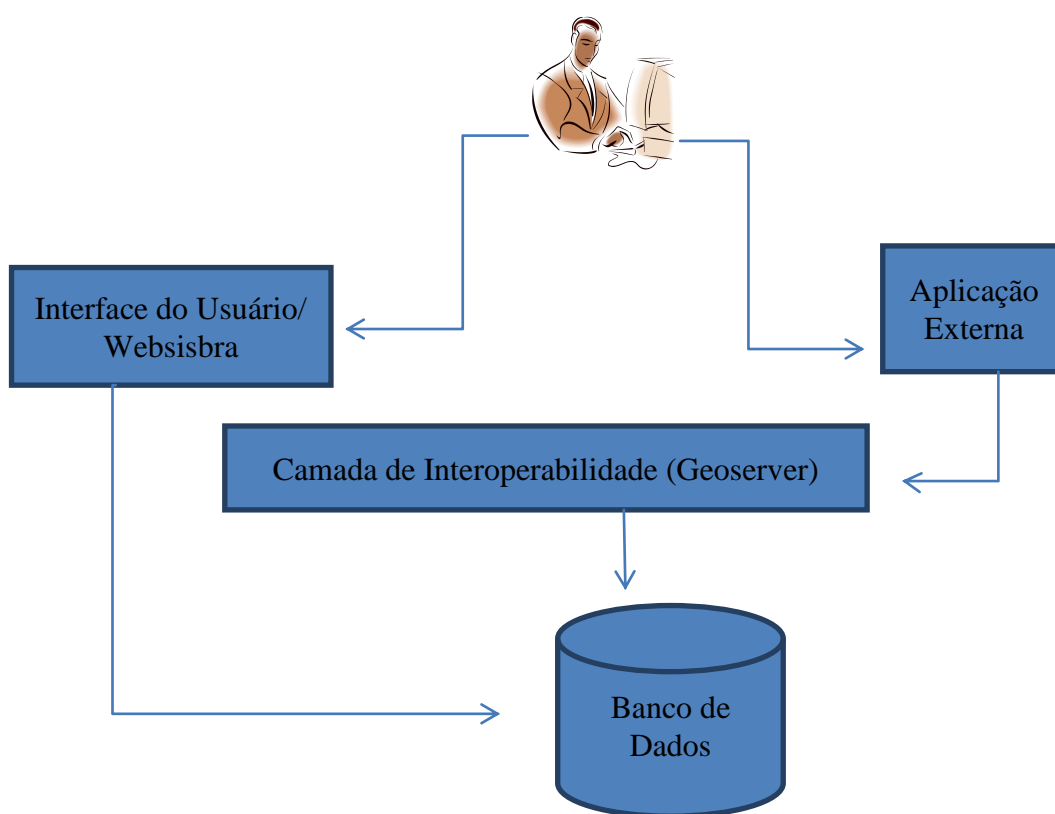


Figura 3.4 – Arquitetura, geral, do acesso aos dados.

Websisbra é um geoportal que serve de ponto de entrada ao Banco de Dados. E Segundo Davis e Alves (2006), Geoportal é um “*WebSite* que constitui um ponto de entrada

para conteúdo geográfico disponível na *Web*”. Portanto o Websisbra exibe na interface do usuário os dados geográficos disponíveis no banco de dados.

Aplicação Externa corresponde à utilização dos dados espaciais *softwares* de SIG e plataformas *web*, tais como ArcGIS, gvSIG, uDig, QuantumGIS, Visualizador da INDE, IBAMA entre outros.

Utilizando os recursos de interoperabilidade dos padrões OGC, não é necessário o armazenamento local. Assim, pode-se compor um mapa com dados provenientes de vários servidores web interoperáveis.

Na Camada de Interoperabilidade (Geoserver) estão disponíveis os dados que serão divulgados. Os dados são alimentados pelo banco de dados. Os *web services* disponíveis nessa camada são o WMF e WFS.

O serviço WMS tem a função de produzir mapas dinâmicos a partir de dados georreferenciados em um servidor remoto. Esses mapas são geralmente apresentados no formato de figura (PNG, JPEG ou GIF). Também é possível consultar os atributos dos elementos que compõem os mapas. Este serviço é recomendado aos usuários que desejam visualizar os dados com estilos predefinidos

O visualizador WMS tem as funções básicas de navegação (deslocamento e zoom) e possibilitará a sobreposição de uma camada com elementos básicos de referência.

O serviço WFS fornece uma interface de comunicação que permite maior interação com os dados. A função WFS não transacional permite a consulta e recuperação de recursos geográficos e a função WFS-T (*Web Feature Service Transacional*) permite criar, apagar e atualizar esses recursos de mapas geográficos. Porém essas funções somente estarão disponíveis a partir dos comandos do responsável que gerencia o geoserver.

4 - RESULTADOS

Dentre os resultados alcançados neste projeto destacam-se, a implementação dos *web services* WFS e WMS do Geoserver.

A figura 4.1 apresenta a página inicial do Geoserver. É possível identificar na parte superior da imagem o endereço eletrônico do geoserver, <http://www.obsis.unb.br/geoserver/web/>, que se encontra disponível para acesso aos dados.

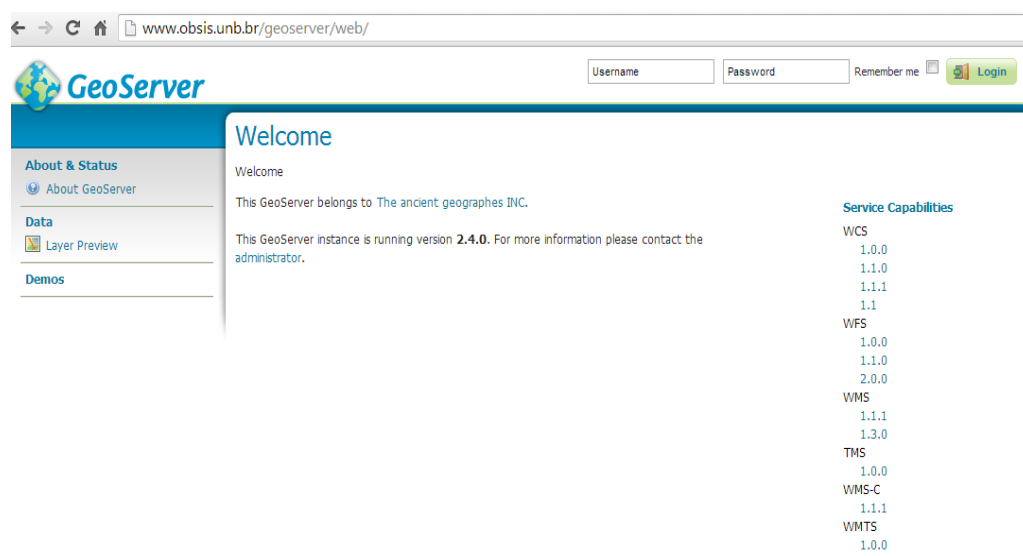


Figura 4.1- Página inicial do geoserver.

A figura 4.2 mostra as camadas (*layer*) disponíveis no geoserver: *estação*, *eventos*, *UF*. Ou seja, são as unidades federativas, as estações sismográficas e todos os eventos sísmicos disponíveis no banco de dados.

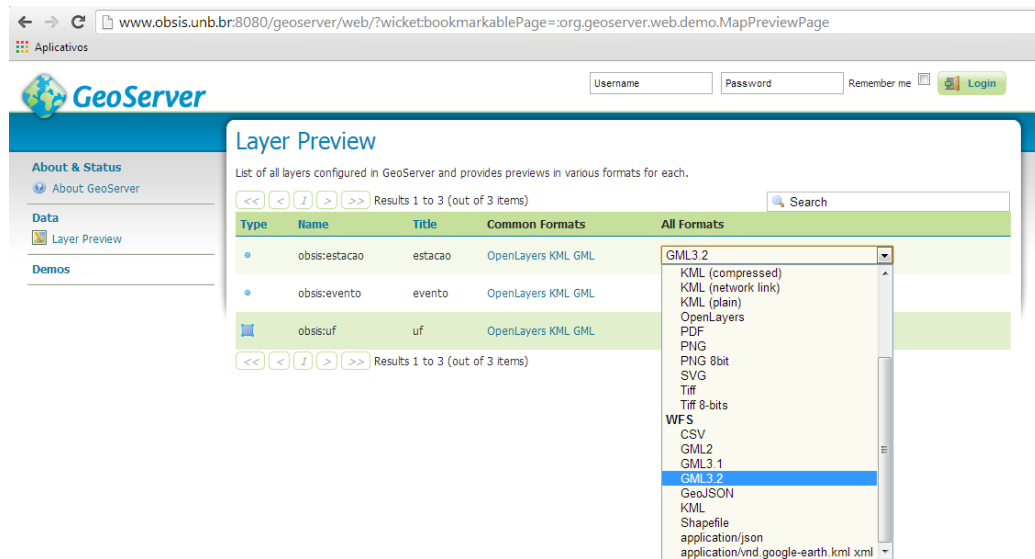


Figura 4.2- Camadas disponíveis

No serviço WMS é possível visualizar os dados nos formatos: GIF, Tiff, PNG, PDF, JPEG, GeoTiff entre outros. Em alguns formatos a visualização é local e outros via *web*. Como demonstrado no exemplo da figura 4.3 a visualização *OpenLayers* das estações sismográficas, via *web*.

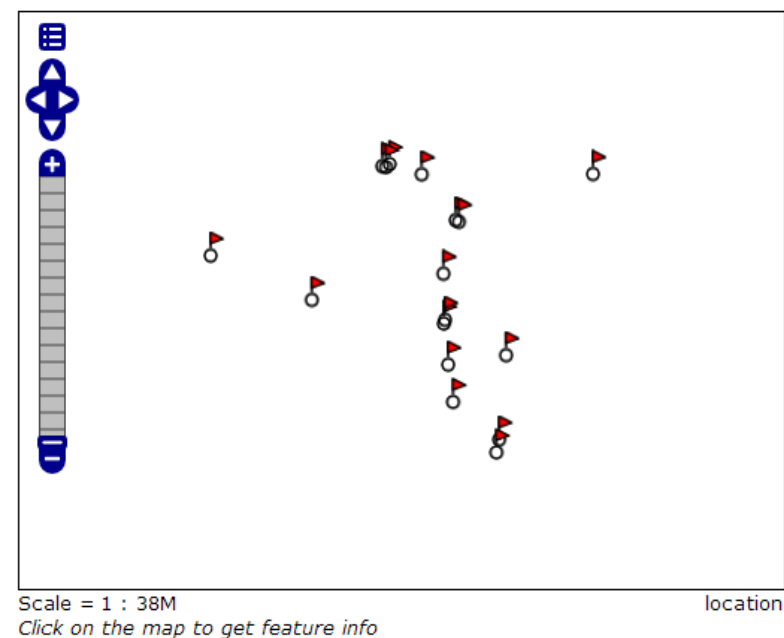


Figura 4.2- Visualização, openlayers, das estações sismográficas.

No serviço WFS os dados ficam disponíveis para *download* nos formatos shapefile, GeoJSON, XML, KML, CSV, entre outros.

Nas figuras apresentadas a seguir são demonstradas aplicações externas realizadas com os dados disponíveis no geoserver através do serviço WFS.

No exemplo mostrado na figura 4.3 foram utilizados dados das estações sismográficas e eventos sísmicos no *software* do Quantum GIS. E na figura 4.4 no software do Google Earth em formato KML.

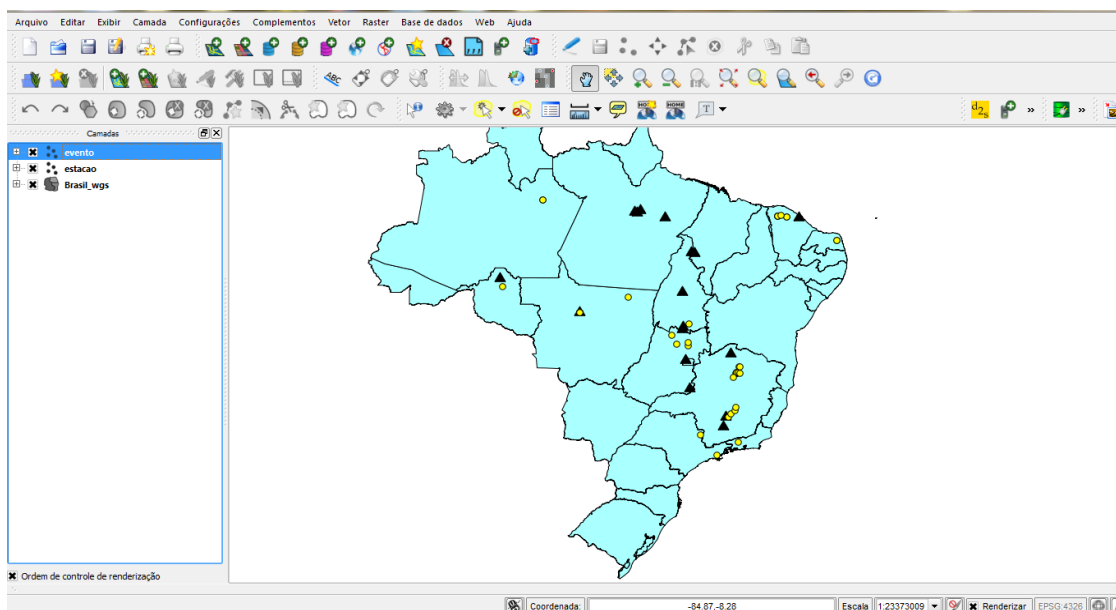


Figura 4.3 - Utilização dos dados em formato shape do Geoserver no QGIS

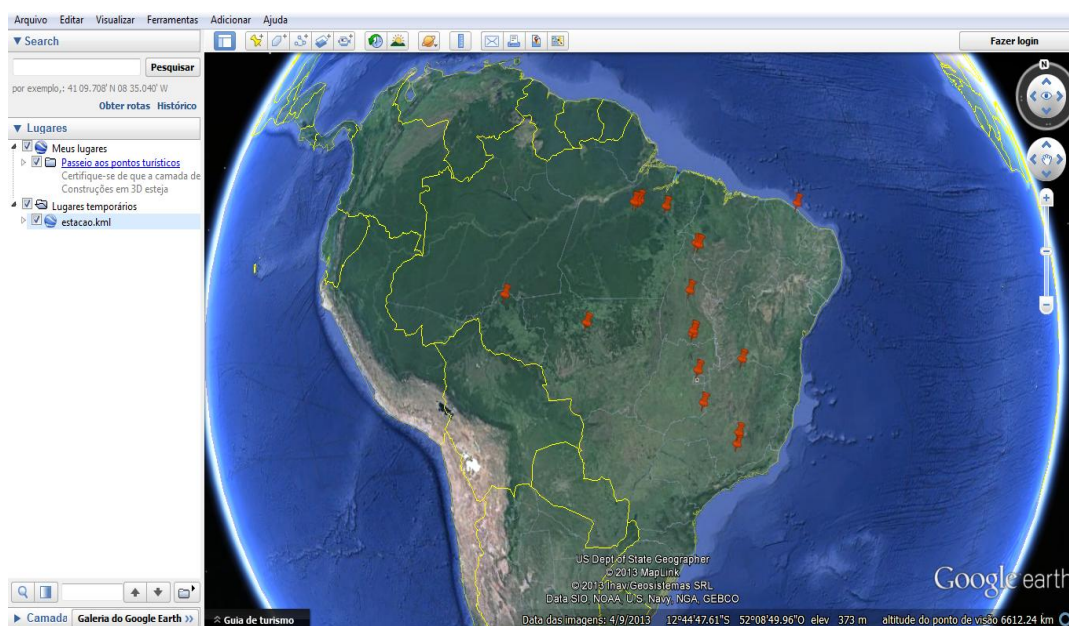


Figura 4.4- Visualização dos dados estação no formato KML no Google Earth.

A aplicação externa demonstrada na figura 4.5 representa o uso dos dados disponíveis no geoserver que podem ser utilizadas em plataformas como a do Visualizador da INDE, disponível em <http://visualizador.inde.gov.br/>.

Na Figura 4.5 foi realizada uma aplicação da camada de estações sismográficas com a de barragens do Brasil. Os dados das barragens já estão disponíveis no site da INDE.

Para o uso deste recurso é necessário adicionar a URL (*Uniform Resource Locator*) que é o endereço dos dados disponíveis na internet, no site do Visualizador da INDE. A URL utilizada foi a de estações que se encontra disponível no site Geoserver.

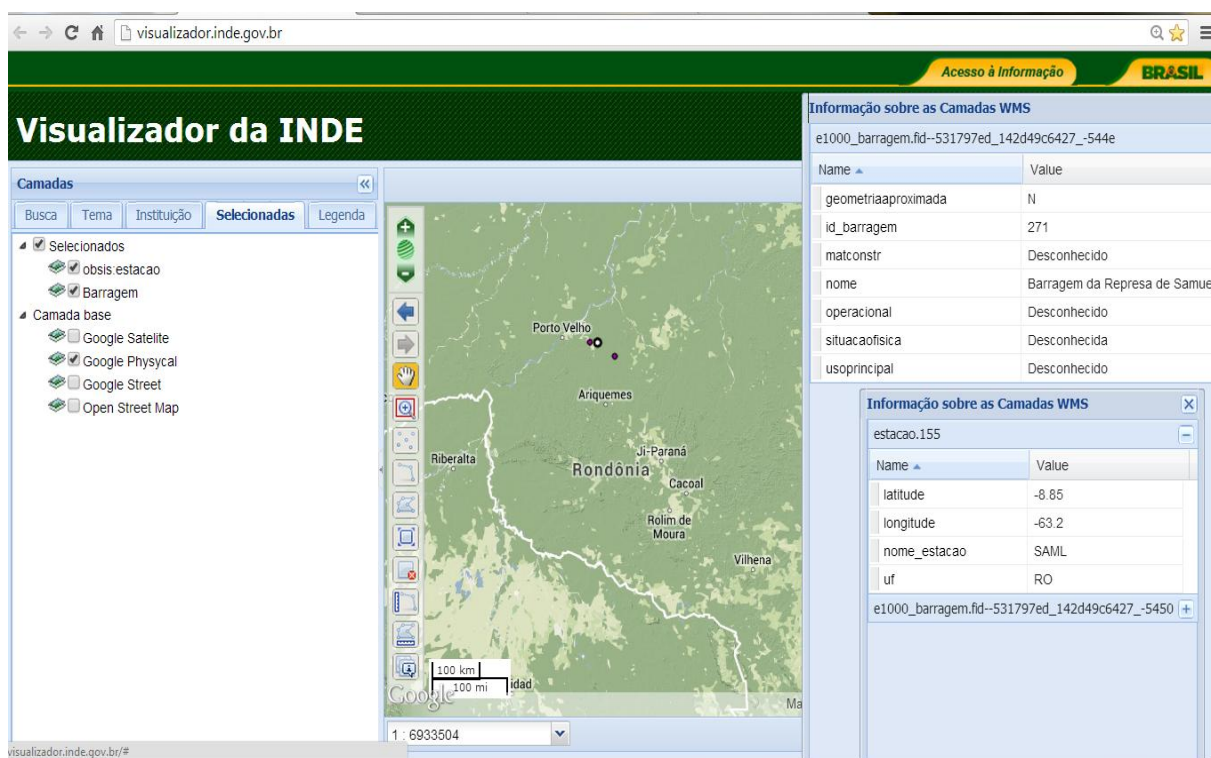


Figura 4.5- Aplicação externa, utilização dos dados em formato shape do Geoserver no QGIS.

Os resultados apresentaram de maneira satisfatória aos objetivos propostos. As

5 - CONCLUSÃO

O Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (SIS/UnB) é um centro de referencia em detecção de eventos sísmicos e desenvolvimento da pesquisa científica. Em parcerias com Departamento de Ciência da Computação da UnB nos últimos ano, foi possível a criação do banco de dados do observatório e o SIGWeb, Websisbra. Dando continuidade ao apoio recebido e buscando atender a necessidade do SIS/UnB em seguir a tendência da interoperabilidade de plataformas de dados. Este trabalho teve como objetivo principal a implementação do Geoserver juntamente com os web services WMF e WFS. Foi realizado também a reestruturação do banco de dados, para dar suporte as estações sismográficas do Observatório Sismológico.

Inicialmente foi realizado a reestruturação do modelo do banco de dados. Foram desenvolvidos modelos conceitual e relacional. As alterações feitas tiveram como objetivo atender as necessidades de suporte as estações sismográficas. Porém o modelo foi totalmente analisado e recebeu modificações. Após esse processo, o modelo relacional gerou um script SQL permitindo a implementado do banco.

Com a conclusão deste trabalho o SIS/UnB dispõe dos recursos de interoperabilidade para permitir aos seus usuários uma nova maneira de acessar informações georreferenciadas. As informações estão disponibilizadas em dois padrões do OGC: WMS e WFS. Atualmente o sistema encontra-se em fase de testes e pode ser acessado pelo endereço <http://www.obsis.unb.br/geoserver/web/>.

No processo de continuação desse trabalho pretende-se, finalizar o processo de implementação de algumas funcionalidades ainda não disponíveis, tais como um *plug-in* na pagina do websibra para o Geoserver, inserção no geoserver de camadas geográficas compatíveis com os estudos de sismologia (lineamentos, estruturas geológicas, magnetometria, gravimetria, altimetria) e desenvolver uma pesquisa para disponibilizar outros *web services* nos demais padrões da OGC, compatíveis com os objetivos do SIS/UnB.

6 – REFERÊNCIAS

BERROCAL, J.; ASSUMPÇÃO, M.S.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C.M.; ORTEGA, R.; FRANÇA, H.; VELOSO, J.A.V. *Sismicidade do Brasil*. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1984 320 p.

BONHAM-CARTER, G.F.; *Geographical Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Computer Methods in the Geosciences, Volume 13, New York, 1996. 398p.

CÂMARA, G. *Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos*. 1995. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antonio M.V. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Capítulos 1 e 2. Consultoria e Informática. Curso Básico de Arc View 3.1. Rio de Janeiro. 2007.

CÂMARA, G. *Representação Computacional de Dados Geográficos*. 2005. Disponível em <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401912/2005/07.01.19.33/doc/cap1.pdf>> Acesso em: 30 de out. 2013.

CIGEX, Centro de Imagens e Informações Geográficas do Exército Brasileiro. Disponível em <http://www.cigex.eb.mil.br/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=4>. Acesso em 23 de out. 2013.

Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais CINDE. Plano de Ação para Implantação da INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

DAVIS JR., A. D.; ALVES, L. L., *Interoperability thorough Web Services: Evaluating OGC Standards in Client Development for Spatial Data Infrastructures*. In Proceedings of Brazilian Symposium on GeoInformatics Geoinfo. Campos do Jordão-SP, Brasil, p22. 2006.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S.B. *Fundamentals of Database Systems, Fourth Edition*. Addison Wesley. p.15. 2004.

FERNANDES, P. E.; FREITAS P. H. *Sistema de Informação Geográfica web para a análise de fenômeno sísmológico*. 2011. 64f. Trabalho de Formatura – Ciência da Computação, Universidade de Brasília, Brasília.

GEOSEVER. Disponível em: <<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>>. Acesso em 25 out. 2013.

GILLAVRY, E. M. *Cartographic aspects of web gis-software*. 2000. Disponível em: <<http://www.webmapper.net/thesis/part1.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

HEUSER, C. A. *Projeto de Banco de Dados*. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Sistema e Ciência da Informação Geográfica*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 540 p.

MYSQLWORKBENCH. Disponível em:<<http://www.mysql.com/products/workbench/>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

NAYAK, S. *Gis data dissemination: A new approach through web technology*. 2000. Disponível em:<<http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi0028.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

NEOTECTÔNICA. Disponível em:< <http://www.neotectonica.ufpr.br/2013/>>. Acesso em:10 nov.2013.

Observatório Sismológico da Universidade de Brasília. Disponível em:<<http://www.obsis.unb.br>> Acesso em 20 out. 2013.

OGC, Open geospatial consortium. Disponível em:< <http://www.opengeospatial.org/standards>> Acesso em 30 out. 2013.

Postgis restful web service framework. Disponível em:< <http://code.google.com/p/postgis-restful-web-service-framework>>. Acesso em 20 nov. 2013.

POSTGRESQL. Disponível em: <<http://www.postgresql.org.br/>> Acesso em 30 out. 2013.

QUEIROZ, G. R.; FERREIRA. K. R. Tutorial Sobre Banco de Dados Geográficos. Disponível em < http://www.dpi.inpe.br/~gribeiro/sig/tutorial_banco_dados_geografico.pdf> Acesso em 30 out.2013.

RIBEIRO, G.; G. CÂMARA. *Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica: Introdução à Ciência da Geoinformação*. 2003. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2013.

SAATKAMP, H. *Websisbra - Sistema Nacional de Registros Sísmicos*. 2013.55f. Trabalho de Formatura- Instituto de Ciência da Computação, Universidade de Brasília, Brasília.

SAYÃO, Luís (Org.). *Bibliotecas digitais: saberes e práticas*. Salvador: EDUFBA; Brasília: IBICT, 2005. 342 p.

STARUML. Disponível em: < <http://staruml.sourceforge.net/en/>> Acesso em: 20 out. 2013.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) *Decifrando a Terra*. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 2009.624 p.

VISUALIZADOR DA INDE Disponível em:< <http://visualizador.inde.gov.br/>> Acesso em: 05 dez. 2013.